

УДК 621.865.8:614.8

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ  
ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ, КАК ЭЛЕМЕНТ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ  
СИТУАЦИЙ**

Л.А.Торгашов, В.И. Гуцул, С.В. Романенко\*

Северский филиал

ФГУП «Аварийно-технический центр Минатома России»,  
г. Санкт-Петербург

\*Томский политехнический университет

E-mail: atcdok@seversk.tomsknet.ru

**Торгашов Леонид Алек-  
сандрович**, директор Се-  
верского филиала ФГУП  
«Аварийно-технический  
центр Минатома России»,  
г. Санкт-Петербург.E-mail: seversk@nwatom.ru  
Область научных интересов:  
промышленная безопасность,  
радиационная безопасность.**Гуцул Владимир Ивано-  
вич**, инженер связи и робо-  
тотехнических комплексов  
Северского филиала ФГУП  
«Аварийно-технический  
центр Минатома России»,  
г. Санкт-Петербург.E-mail: seversk@nwatom.ru  
Область научных интере-  
сов: робототехника, радиа-  
ционная безопасность**Романенко Сергей Влади-  
мирович**, д-р хим. наук,  
заведующий кафедрой эко-  
логии и безопасности жиз-  
недеятельности Института  
неразрушающего контроля  
ТПУ.E-mail: svr@tpu.ru  
Область научных интересов:  
промышленная безопа-  
сность, гражданская защита.

Представлены результаты работы по созданию робототехнической платформы повышенной проходимости. Данная разработка относится к дистанционно управляемым системам, предназначенным для проведения радиационной и инженерной разведки местности в ходе локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором.

**Ключевые слова:**

Робототехническая платформа, инженерная и радиационная разведка.

Одной из основных задач применения робототехнических комплексов при проведении работ в условиях чрезвычайных ситуациях (ЧС), связанных с радиационным фактором, является инженерная и радиационная разведка местности, а также составление карт радиационной обстановки. Выполнение данной задачи сопряжено с опасностью получения радиационного облучения персонала, привлекаемого к локализации и ликвидации ЧС [1]. Для решения этой проблемы в России и в мире разработаны робототехнические средства на базе гусеничных или колесных платформ [2–4]. Вследствие конструктивных особенностей колесные и гусеничные платформы имеют схожие недостатки:

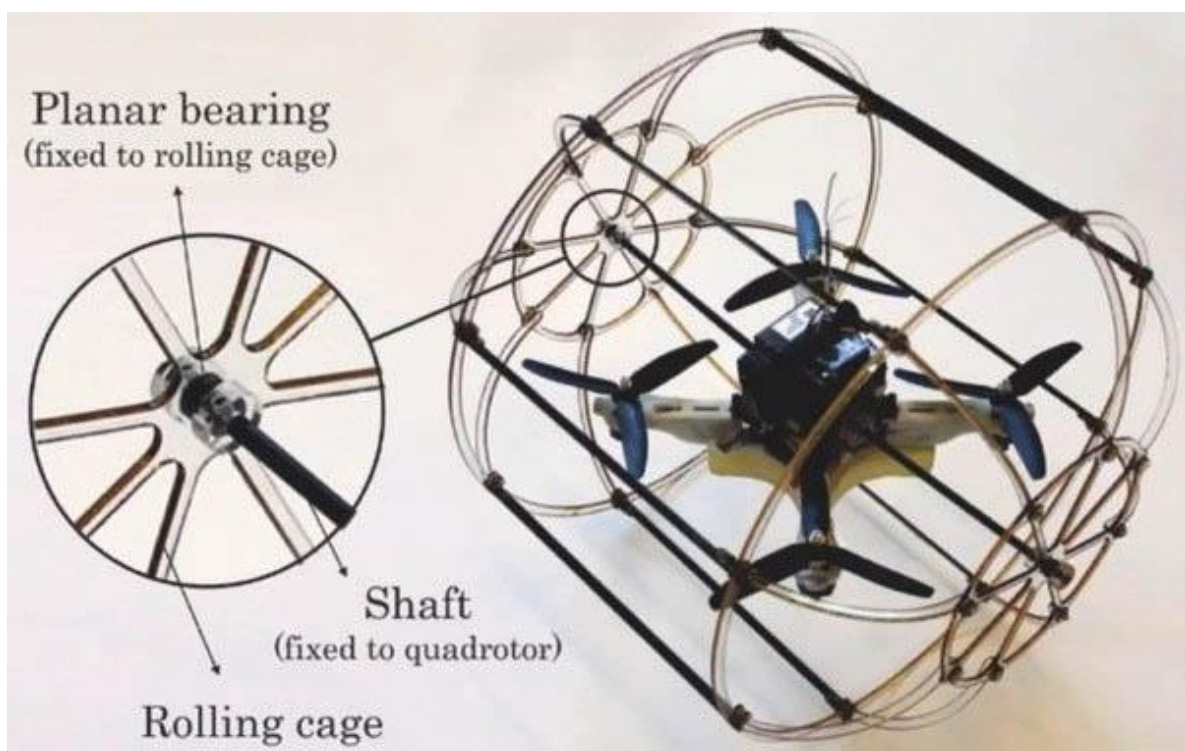
- невозможность применения в зимних условиях при наличии глубокого снежного покрова;
- отсутствие возможности преодоления глубоких водных преград, болотистого грунта;
- неспособность преодоления бетонных завалов, железнодорожных насыпей;
- ограниченное применение в полуразрушенных зданиях и сооружениях.

Некоторые из перечисленных задач решаются с помощью воздушных средств разведки, но ключевыми проблемами подобных систем, в особенности беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на электрической тяге, являются ограниченная дальность, низкое время работы без зарядки аккумуляторов и сложность в управлении [5].

В основе применения дистанционно управляемых систем радиационной и инженерной разведки лежит задача видеосъемки места аварии из различных точек и определение радиационного загрязнения, при этом датчик радиационного фона должен находиться на определенной высоте от земли и в определенной точке продолжительное время. БПЛА в этом случае затрачивается огромное количество энергии в режиме зависания. Кроме того, необходим идеальный автопилот, способный удерживать аппарат в заданной точке без смещения [5].

Первые шаги в создании наземно-воздушной дистанционно управляемой системы предприняли инженеры Араш Калантар и Мэтт Спенко из Иллинойского технологического института (США), поместив квадрокоптер в полиуретановую клетку.

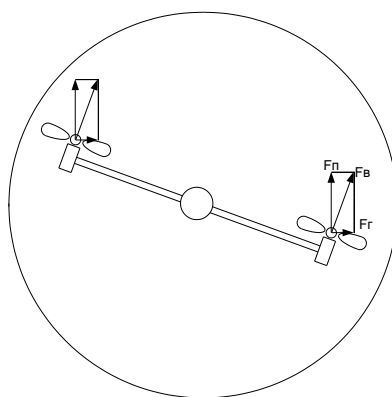
Устройство под названием НуТАQ (Hybrid Terrestrial and Aerial Quadrotor – гибрид наземного и воздушного квадрокоптера) (рис. 1) представляет собой четырёхмоторный вертолёт в цилиндрической клетке. С помощью винтов НуТАQ может перемещаться по воздуху, а клетка выступает в роли своеобразного колеса. Двигатели размещены на концах лучей рамы, которая соединена с колесом посредством вращающейся оси. Горизонтальное перемещение происходит при наклоне рамы с вращающимися винтами в сторону предполагаемого направления движения. При встрече с препятствием рама становится в положение параллельно поверхности земли, винты создают подъёмную силу [5].



**Рис. 1.** Конструкция НуТАQ: подшипник закреплен на катящейся клетке; ось жестко связана с квадрокоптером.

В ходе анализа конструктивных возможностей НуТАQ, а также проведения комплекса испытаний в полевых условиях были выявлены существенные недостатки НуТАQ :

- при перемещении по твердой поверхности бесполезно тратится более 60 % энергии винтов (рис. 2) [6];
- невозможен разворот на месте в наземном положении, что существенно ограничивает его применение в стесненных условиях зданий и сооружений;
- необходимо включение всех четырех винтов для горизонтального перемещения;
- малая грузоподъемность;
- сильное раскачивание при полете, что затрудняет управление.



**Рис. 2.** Распределение тяговых сил при горизонтальном перемещении НуТАQ:  $F_n$  – тяговая сила винта;  $F_n$  – подъемная сила;  $F_r$  – сила горизонтальной составляющей

Вышеперечисленные недостатки делают применение данной схемы для решения задачи по созданию завершённой конструкции робота-разведчика весьма затруднительным.

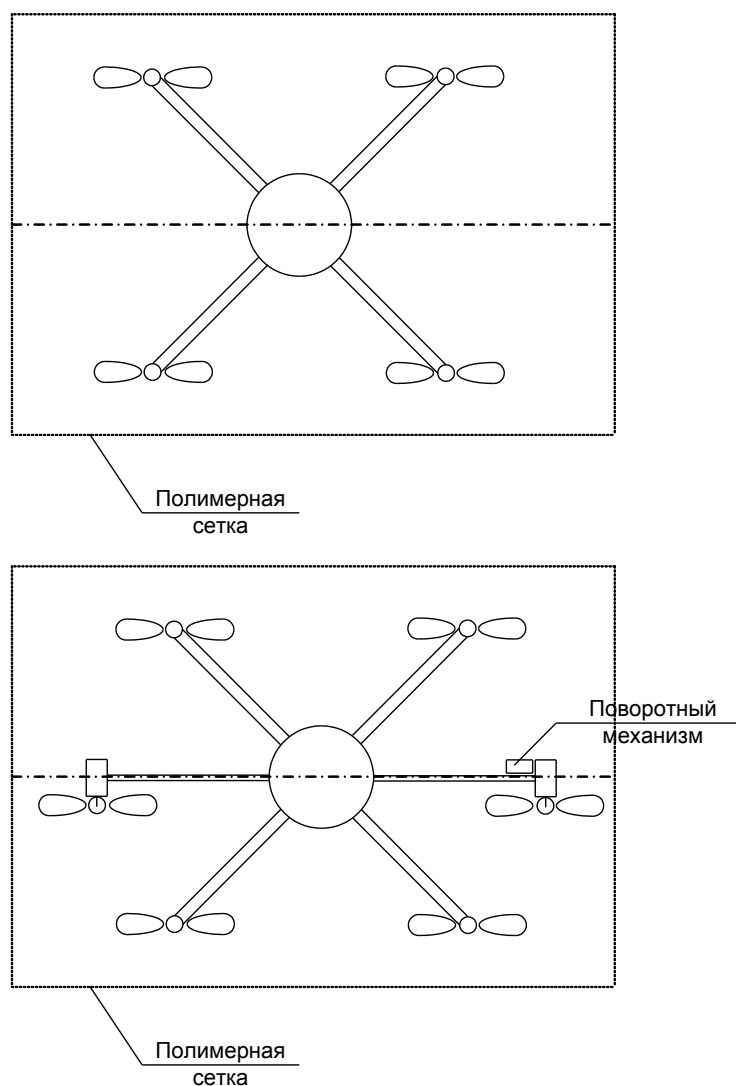
На основе полученных аналитических выводов и результатов испытания была разработана, изготовлена и испытана принципиально новая робототехническая платформа (РП-1Р).

Платформа состоит из гексокоптера, помещенного в конструкцию, напоминающую колесо, из композитного материала (рис. 3). Существенным отличием от американской разработки является применение двух дополнительных двигателей, размещенных на оси, параллельной вращающейся оси устройства. Эти двигатели имеют возможность управляемого вращения относительно точки крепления. Данная схема позволила осуществлять движение в горизонтальной плоскости только с помощью двух дополнительных двигателей, сила тяги которых направлена вдоль оси движения, что существенно снизило энергозатраты.

Повороты в движении осуществляются разностью тяги на двигателях. Применение данной схемы дало возможность осуществлять развороты на месте, когда один из двигателей разворачивается на своей оси и тянет в противоположную сторону. При перелете препятствий платформа с четырьмя винтами всегда остается параллельной земле и стабилизируется в этом положении микропроцессорной системой стабилизации [7], что позволило повысить стабильность в полете и уменьшить раскачку. Перемещение в горизонтальной плоскости обеспечивают дополнительные два двигателя, поворачиваясь на нужный угол. В случае отказа одного из четырех двигателей подъемной платформы двигатели движения поворачиваются параллельно остальным и обеспечивают относительно мягкое приземление устройству, что существенно повышает живучесть и надежность систем.

В ходе испытаний были получены следующие результаты:

- устройство осуществляет перемещения в горизонтальной плоскости при минимуме затрат электроэнергии, время непрерывной работы увеличилось по сравнению с импортным прототипом с 12 до 52 мин;
- увеличилась маневренность аппарата вплоть до разворота на месте, что позволило применять конструкцию в стесненных условиях помещений и сооружений;
- существенно упростилась система управления;
- повысилась живучесть при возможных отказах компонентов.



**Рис. 3.** Расположение роторов двигателей в конструкциях (на верхнем рисунке принципиальная схема конструкции НуТАQ, на нижнем РП-1Р)

Разработанная робототехническая платформа (рис. 4) имеет следующие тактико-технические характеристики и возможности:

- габариты (длина×ширина×высота) – 1000×900×900;
- скорость перемещения – до 40 км/ч;
- грузоподъемность дополнительного оборудования – 3,5 кг;
- вес без оборудования 3,7 кг;
- преодоление водных преград шириной до 50 м;
- преодоление вертикальных препятствий высотой до 30 м;
- преодоление рыхлого снежного покрова.





**Рис. 4.** Робототехническая платформа (РП-1Р)

### Выводы

Разработка и внедрение робототехнической платформы (РП-1Р), а также последующее ее дооснащение поворотной видеокамерой, датчиком GPS, датчиком радиационного контроля, системой телеметрии и передачи информации позволит значительно сократить время проведения инженерной и радиометрической разведки, оптимизировать материально-технические затраты и снизить вероятность радиационного облучения персонала, задействованного на локализации и ликвидации ЧС с радиационным фактором.

Робототехническая платформа (РП-1Р) проходит стадию опытной эксплуатации на базе Северского филиала ФГУП АТЦ СПб.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Публ. 60, ч. 2 МКРЗ: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 207 с.
2. Шахинпур М. Курс робототехники: пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 526 с.
3. Фу К., Гансалес Ф., Лик К. Робототехника: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
4. Кочтюк В.И., Гавриш А.П., Карлов А.Г. Промышленные роботы: конструирование, управление, эксплуатация. – Киев: Вища школа, 1985. – 359 с.
5. Kalantari A., Spenko M. Design and Experimental Validation of HyTAQ, a Hybrid Terrestrial and Aerial Quadrotor // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2013.
6. Белоцерковский С.М., Васин В.А., Локтев Б.В. К построению нестационарной нелинейной теории воздушного винта // Изв. АН СССР, МЖГ. – 1979. – № 5. – С. 107–113.
7. Sommer U. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino: пер. с нем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.

Поступила 11.11.2013 г.